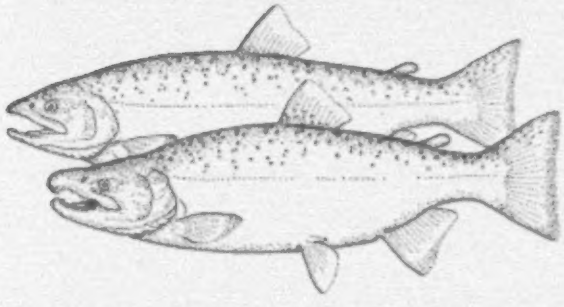
Pêches et Océans Canada | Fisheries and Oceans Canada
Sciences des écosystèmes et des océans | Ecosystems and Oceans Science

Secrétariat canadien de consultation scientifique
Région du Pacifique | Avis scientifique 2015/008

ESTIMATIONS D'UN OBJECTIF DE FRAI FONDÉ SUR DES DONNÉES BIOLOGIQUES ET POINTS DE RÉFÉRENCE BIOLOGIQUES POUR L'ENSEMBLE DES STOCKS DE SAUMON COHO D'ORIGINE CANADIENNE DE LA RIVIÈRE TAKU



Saumon coho – fourni par Pêches et Océans Canada, Poissons d'eau douce du Canada, 1973, Conseil consultatif de recherches sur les pêcheries et les océans, bulletin 184, catalogue n° FS94-184, page 158 – dessin au trait du saumon coho.

Figure 1. Carte du bassin versant de la rivière Taku : une rivière transfrontalière qui sillonne le nord-ouest de la Colombie-Britannique et le sud-est de l'Alaska (carte fournie par le Department of Fish and Game de l'Alaska)

Contexte :

Le Canada et les États-Unis gèrent conjointement le stock transfrontalier de saumon coho de la rivière Taku (Oncorhynchus kisutch) en vertu du Traité sur le saumon du Pacifique (TSP). Le chapitre Rivières transfrontalières de l'annexe IV du TSP exige des parties de « produire un rapport technique conjoint et de le soumettre aux divers mécanismes d'examen des Parties en vue de déterminer et d'établir un objectif rendement maximal soutenu (RMS) bilatéralement convenu pour le saumon coho de la rivière Taku ». Le Conseil transfrontalier du TSP s'est entendu sur le fait que cette responsabilité revenait au Canada, et la présente évaluation constitue la première étape de ce processus bilatéral. La présente évaluation vise à estimer les points de référence biologiques, y compris l'abondance des reproducteurs qui permet de maximiser le rendement soutenu à long terme dans des conditions moyennes (RMS) pour l'ensemble des stocks de saumon coho de la rivière Taku. Ces points de référence pourront ensuite servir à évaluer l'état des stocks et à définir des objectifs en matière de gestion.

Le présent avis scientifique découle de la réunion des 3 et 4 novembre 2014 sur l'Élaboration d'un objectif en matière d'échappées fondé sur des données biologiques saumon coho de la rivière Taku. Toute autre publication découlant de cette réunion sera publiée, lorsqu'elle sera disponible, sur le calendrier des avis scientifiques de Pêches et Océans Canada.

SOMMAIRE

- Le saumon coho de la rivière Taku représente un stock transfrontalier cogéré par le Canada et les États-Unis en vertu du chapitre 1 de l'annexe IV du Traité sur le saumon du Pacifique (TSP). Les dispositions les plus récentes du TSP exigent l'établissement d'un objectif de frai accepté bilatéralement pour le saumon coho d'origine canadienne de la rivière Taku établi au nombre de reproducteurs nécessaires pour maximiser le rendement soutenu (R_{RMS}).
- En plus des obligations en vertu du TSP, Pêches et Océans Canada doit, dans le cadre de la mise en œuvre de la Stratégie 1 de la Politique concernant le saumon sauvage (PSS), déterminer des points de référence biologiques permettant d'évaluer l'état des unités de conservation du saumon du Pacifique qui sont définies dans la PSS. Avant ces travaux, aucun point de référence concernant le saumon coho de la rivière Taku n'a été estimé dans le cadre de la PSS.
- Afin de répondre aux engagements en vertu du TSP et à appuyer la réalisation de progrès pour l'évaluation de l'état des stocks de saumon coho de la rivière Taku conformément à la PSS, une évaluation permettant d'estimer les points de référence biologiques relatifs à l'abondance des reproducteurs pour l'ensemble des stocks de saumon coho de la rivière Taku a été entreprise.
- Des données existent à l'échelle de l'ensemble des saumons coho de la rivière Taku, y compris des estimations du nombre de reproducteurs basées sur un relevé de marquage et recapture uniforme s'étendant de 1987 à 2013, ainsi que des estimations du recrutement pour les années d'éclosion de 1987 à 2009 reposant sur la récupération des micromarques magnétisées codées dans les pêches et relevés alaskiens et canadiens. Des estimations de la composition selon l'âge et le sexe sont également disponibles. Ces données permettent d'estimer les points de référence biologiques reposant sur des modèles reproducteurs-recrues (RR).
- Dix-huit combinaisons de modèles et de données ont été testées. Elles recouvrent six ensembles de données distincts et trois formats de modèle RR différents. Les ajustements des modèles et les estimations du R_{RMS} pour le saumon coho de la rivière Taku sont remarquablement uniformes pour les trois formats de modèles différents et les quatre variations dans les données relatives aux adultes. Les valeurs médianes sont comprises entre 59 000 et 81 000 poissons, de sorte que la différence la plus importante entre 2 estimations quelconques parmi les 12 possibilités d'estimations du R_{RMS} est inférieure à 40 %. Les ajustements du modèle selon les données liées aux juvéniles sont beaucoup plus mauvais que les ajustements à partir des données des adultes, et ils ont produit des estimations du R_{RMS} qui étaient sensiblement plus élevées et incertaines (c.-à-d. des distributions a posteriori plus dispersées).
- Le processus d'examen régional par les pairs du MPO a permis de choisir, sur la base de considérations statistiques et pratiques, l'une des 18 combinaisons de modèles et de données comme élément de base le plus adéquat pour formuler des conseils à propos des objectifs de gestion concernant le saumon coho de la rivière Taku. Il s'agit du modèle de Ricker AR1, ajusté aux estimations du nombre total de reproducteurs et du nombre total de recrues sur la base de la composition selon l'âge du relevé réalisé à Canyon Island. Ce modèle corrige les régularités temporelles observées dans la variance résiduelle. Dans cette combinaison modèle-données, les points de référence biologiques basés sur les données des années d'éclosion 1987 à 2009 représentent un nombre

estimé de reproducteurs appuyant le rendement maximal soutenu (R_{RMS}) de 69 000 poissons [59 000-89 000 poissons]; un nombre de reproducteurs qui maximise les recrues adultes (R_{MAX}) de 107 000 poissons [82 000-154 000 poissons] et un niveau d'équilibre de reproducteurs en l'absence de pêche (R_{EQ}) de 183 000 poissons [158 000-226 000 poissons]. Les valeurs énumérées correspondent aux valeurs médianes et, entre crochets, aux 10^{e} et 90^{e} centiles des distributions a posteriori.

- Dans l'ensemble des 18 combinaisons de modèles et de données, les estimations du R_{RMS} sont considérablement plus élevées que l'étendue de l'objectif de reproduction de 27 500 à 35 000 poissons utilisé en vertu du TSP jusqu'à 2012. Toutefois, l'objectif intérimaire de 70 000 poissons, adopté par le Conseil transfrontalier pour 2014, se situe au centre de la plage des estimations du R_{RMS} de quatre ensembles de données pour les adultes et trois modèles distincts (entre 59 000 et 81 000 reproducteurs), et il est pour l'essentiel égal au R_{RMS} médian pour la combinaison modèle-données recommandée (69 000 reproducteurs).
- Les saumons coho de la rivière Taku sont actuellement définis comme une unité de conservation unique en vertu de la PSS du Canada (MPO 2005). L'intégration de l'état des unités de conservation à la PSS a été évaluée au moyen d'un ensemble de paramètres normalisés. Pour la combinaison modèle-données recommandée, les points de référence (PR) supérieur et inférieur pour le paramètre d'*abondance relative* correspondent à 71 000 reproducteurs (90 % de probabilité d'atteindre ou dépasser 80 % du R_{RMS}) et à 23 000 reproducteurs (90 % de probabilité de reconstituer le R_{RMS} en une génération en l'absence de pêche).
- Les données disponibles permettent d'évaluer d'autres paramètres formels de la PSS (c'est-à-dire l'étendue du déclin, la tendance à court terme, la probabilité de déclin). Toutefois, une partie des renseignements supplémentaires utilisés dans les évaluations récentes de l'état de la PSS n'est pas disponible à l'heure actuelle en ce qui concerne le saumon coho de la rivière Taku (p. ex. la contribution relative changeante des sous-populations). Si des études ultérieures indiquent l'existence de plus d'une unité de conservation pour l'ensemble des stocks de saumon coho de la rivière Taku, l'évaluation de l'état de la PSS axée sur le modèle RR pourrait être impossible et d'autres approches devraient être alors envisagées.

RENSEIGNEMENTS DE BASE

La rivière Taku est une importante rivière transfrontalière dans le nord-ouest de la Colombie-Britannique (C.-B.). Environ 90 % des 19 000 km^2 de la zone de drainage se trouvent en C.-B.; le reste se trouve en Alaska, y compris l'embouchure de la rivière qui se situe approximativement à 45 km au nord-est de Juneau. La rivière Taku constitue la rivière transfrontalière qui produit le plus de saumon coho, avec un effectif de montaison combiné médian total de 177 000 adultes, variant depuis 1990 entre 51 000 et 340 000 poissons.

Trois pêches ciblent le saumon dans la partie canadienne de la rivière Taku : la pêche à des fins alimentaires, sociales et rituelles (ASR) de la première nation Tlingit de la rivière Taku, la pêche récréative et la pêche commerciale à filet maillant. La pêche commerciale et la plus grande partie de la pêche à des fins ASR utilisent des filets maillants placés à partir des navires fluviaux à moteur hors-bord situés dans le cours inférieur de la rivière, juste en amont de la frontière canado-américaine.

Parmi les pêches d'Alaska qui ciblent également les stocks de saumon coho de la rivière Taku on compte la pêche commerciale au filet maillant dérivant du District 111 dans le ruisseau Taku

et une pêche limitée à des fins personnelles dans le cours inférieur de la rivière Taku en Alaska. Les pêcheurs à la traîne du sud-est de l'Alaska prennent aussi des stocks de saumon Taku dans des pêches visant plusieurs stocks qui ciblent largement le saumon quinnat et le saumon coho. Les pêches à la senne menées le long des routes de migration sont susceptibles de prendre des stocks de saumon de la rivière Taku, particulièrement du saumon rouge et du saumon rose.

Les stocks de saumon revenant dans le bassin versant de la rivière Taku sont cogérés par le MPO et par le Alaska Department of Fish and Game (ADFG) par l'entremise du Comité technique transfrontalier canado-américain du Conseil des rivières transfrontalières institué par le TSP. En vertu des dispositions du TSP, le saumon coho de la rivière Taku est géré dans son ensemble. Expressément, le chapitre transfrontalier de l'annexe IV du TSP exige des parties de « produire un rapport technique conjoint et de le soumettre aux divers mécanismes d'examen des Parties en vue de déterminer et d'établir un objectif de rendement maximal soutenu (RMS) bilatéralement convenu pour le saumon coho de la rivière Taku ». Le Conseil transfrontalier s'est entendu sur le fait que cette responsabilité revenait au Canada. Le document de recherche du Secrétariat canadien de consultation scientifique (SCCS) qui découle d'un processus d'examen régional par les pairs marque la première étape de ce processus bilatéral.

Le taux d'exploitation médian du saumon coho de la rivière Taku depuis 1990 est de 49 %. La plus grande partie de la récolte (environ 89 %) est réalisée par les États-Unis, principalement dans le cadre des pêches à la traîne et au filet maillant et des pêches récréatives. Le reste provient de petites pêches en rivière au Canada. Le *Plan de gestion intégrée des pêches* (MPO 2014) comprend des points critiques basés sur l'abondance pour des mesures de pêche canadiennes, mais il n'existe pas de points de référence semblables pour la gestion du saumon coho de la rivière Taku dans le cadre des pêches alaskiennes. Ces pêches récoltent de plus gros stocks mélangés et représentent la majeure partie du taux d'exploitation total du saumon coho de la rivière Taku. Le taux d'exploitation total est par conséquent dicté par d'autres facteurs tels que l'abondance d'autres espèces et stocks, les conditions météorologiques, les niveaux d'eau et les prix. Le taux d'exploitation a considérablement baissé, passant d'environ 70 % alors qu'il avait atteint une intensité maximale au milieu des années 1990 à environ 30 % au début des années 2000. Depuis lors, le taux d'exploitation a graduellement augmenté de nouveau jusqu'à environ 50 %.

En plus des obligations en vertu du TSP qui sont indiquées ci-dessus, le MPO doit, dans le cadre de la mise en œuvre de la Stratégie 1 de la PSS, déterminer des points de référence biologiques permettant d'évaluer l'état des unités de conservation du saumon du Pacifique qui sont définies dans la PSS.

Une unité de conservation du saumon coho a initialement été identifiée pour la rivière Taku en fonction des caractéristiques écotypiques (voir tableau 26, Holtby et Ciruna 2007). Cependant, des travaux ultérieurs non publiés menés par Holtby et d'autres ont identifié trois unités de conservation potentielles (TAKU-montaison hâtive, TAKU-montaison intermédiaire, TAKU-montaison tardive) à partir des renseignements sur le déroulement temporel de la montaison et les trois sous-écotypes aquatiques principaux du bassin versant. Les analyses actuelles font état de renseignements à l'échelle de l'ensemble, qui pourraient être utilisés pour évaluer l'état de la PSS de l'unité de conservation unique, si cette délimitation est confirmée.

Afin d'offrir un avis scientifique pour l'établissement d'un objectif de frai pour l'ensemble des stocks de saumon coho de la rivière transfrontalière Taku fondé sur des données biologiques, cette évaluation visait plus précisément les objectifs suivants :

1. examiner les données recueillies sur la production, les échappées et l'abondance des saumoneaux (saumon coho) dans la rivière Taku en amont de la frontière canado-américaine;
2. déterminer des points de référence biologiques au niveau global, ce qui comprend le nombre d'adultes en frai qui assureraient un rendement maximal soutenu de saumon coho, au moyen de divers modèles;
3. relever et examiner les incertitudes dans les données et les méthodes;
4. se prononcer sur les besoins et considérations futurs concernant les données qui pourraient permettre de déterminer des points de référence biologiques propres à chaque unité de conservation.

Les deux organismes chargés de la gestion du saumon, le MPO et l'ADFG, fonctionnent en vertu de cadres d'action semblables. Les travaux récents en lien avec les points de référence biologiques sont cohérents sur le plan conceptuel. Il existe cependant d'importantes différences à la fois sur les plans de la précision méthodologique et de l'utilisation ultérieure des résultats. Ces différences ont une incidence sur la manière dont sont présentés les résultats des analyses biologiques. Par conséquent, l'analyse recouvre la gamme de méthodes et définitions utilisées dans les travaux récents publiés par le MPO et l'ADFG. Par exemple, des évaluations récentes conduites par l'ADFG ont rendu compte de profils de rendement (p. ex. le nombre de reproducteurs avec 90 % de probabilité d'au moins 70 % du rendement maximal soutenu), alors que les évaluations du MPO se sont concentrées sur les paramètres d'état de la PSS et les points de références connexes (p. ex. le paramètre d'abondance relative avec un point de référence supérieur fixé à 80 % du R_{RMS} et un point de référence inférieur fixé à R_{GEN} qui représente l'abondance des reproducteurs permettant la reconstitution du R_{RMS} en une génération en l'absence de pêche). Les deux types de données de référence appuient le processus de planification bilatérale. Il convient de noter que le document de recherche ne comprend pas d'évaluation formelle de situation ni d'évaluation en vertu de la Sustainable Salmon Policy de l'Alaska (c.-à-d. les zones préoccupantes quant au rendement, à la gestion ou à la préservation) ni en vertu de la PSS du Canada (c.-à-d. l'état intégré rouge, ambre ou vert). Cependant, les renseignements contenus dans le document de recherche ouvrent la voie à ces deux évaluations au moyen de processus nationaux.

ANALYSE

L'analyse a comparé trois démarches différentes d'établissement d'une plage de référence concernant l'abondance des reproducteurs pour l'ensemble des saumons coho de la rivière Taku. Le travail a porté sur l'ajustement de modèles reproducteurs-recrues (RR) et sur l'estimation de points de référence biologiques pour chaque modèle (p. ex. l'abondance des reproducteurs qui maximise le rendement soutenu, R_{RMS}). Quelques-unes des méthodes approximatives couramment utilisées pour les écosystèmes au sujet desquels on dispose de peu de données ont cependant été vérifiées aux fins d'uniformité.

Comparativement à beaucoup d'autres populations de saumon coho, on dispose de données globales sur les saumons coho de la rivière Taku, y compris des estimations du nombre de reproducteurs basées sur un relevé de marquage et recapture uniforme s'étendant de 1987 à 2013, ainsi que des estimations du recrutement pour les années d'éclosion de 1987 à 2009 reposant sur la récupération des micromarques magnétisées codées dans les pêches et relevés

alaskiens et canadiens. Ces données permettent d'estimer les points de référence biologiques d'après des modèles reproducteurs-recrues plutôt que d'utiliser d'autres méthodes récemment utilisées pour des écosystèmes au sujet desquels on dispose de peu de données (p. ex. des objectifs reposant sur les centiles de l'abondance observée de reproducteurs).

Dix-huit combinaisons de modèles et de données ont été mises à l'essai, y compris six autres ensembles de données et trois autres formats de modèles reproducteurs-recrues. Les variations de données ont pris en compte deux hypothèses différentes sur la composition selon l'âge des recrues adultes, en s'appuyant sur les données relatives aux adultes ou aux saumoneaux, et en utilisant le nombre total de reproducteurs ou le nombre total des femelles reproductrices étendu aux équivalents-adultes. Les modèles RR s'appuyaient sur le modèle de Ricker élémentaire, le modèle de Ricker avec correction de l'autocorrélation (Ricker AR1) et le modèle de Ricker avec filtre de Kalman et variation de la productivité au fil du temps.

Résultats

Les estimations du R_{RMS} du saumon coho de la rivière Taku sont incroyablement uniformes d'un modèle à l'autre pour l'ensemble de données du scénario de référence (nombre total de reproducteurs, recrues adultes d'après la composition selon l'âge estimée à partir des données du relevé effectué à Canyon Island) et pour toutes les années de données disponibles (années d'éclosion de 1987 à 2009). Les estimations médianes obtenues à partir des trois autres modèles RR utilisés dans ces analyses vont de 62 000 à 79 000 reproducteurs. Elles diffèrent l'une de l'autre de moins de 30 %.

Les estimations du R_{RMS} du saumon coho de la rivière Taku résistent aux variations des données sur le nombre de reproducteurs par adulte. Cette remarque est cependant propre à l'ensemble précis de données actuellement disponible. Par exemple, les deux autres hypothèses au sujet de la composition selon l'âge (d'après les données du relevé réalisé à Canyon Island par rapport aux données issues de la pêche commerciale et de la pêche d'essai au Canada) ont un faible effet sur les degrés d'ajustement des modèles RR et sur les estimations des points de référence qui en découle. Cette faible différence entre les ajustements des ensembles de données relatives aux adultes peut ne pas perdurer, et la totalité des différents ensembles de données devra être de nouveau vérifiée dans quelques années lorsque l'analyse sera mise à jour.

L'ajustement des modèles RR composés de données sur les saumoneaux est sensiblement plus mauvais que l'ajustement réalisé avec les données sur les adultes. Cependant, l'effet sur les estimations des points de référence qui en découle diverge en fonction du format du modèle. Plusieurs hypothèses pourraient expliquer les écarts observés entre les données portant sur les juvéniles et celles sur les adultes.

Les estimations du R_{RMS} concernant le saumon coho de la rivière Taku qui reposent sur les données liées aux adultes sont très stables avec plusieurs méthodes d'estimation, y compris l'utilisation de divers progiciels et l'application d'une correction du biais au niveau du paramètre de productivité. Sept ajustements différents du modèle de Ricker produisent des estimations du R_{RMS} médian comprises dans une plage de 11 % les unes par rapport aux autres.

Le processus d'examen régional par les pairs du SCCS a identifié l'une des 18 combinaisons de modèles et de données comme étant l'élément de base recommandé pour définir à ce moment précis un objectif de frai pour ce stock (Ricker AR1 avec les données Spn-Ad; voir les estimations correspondantes des points de référence dans le tableau 1 et à la figure 2). Cependant, le processus d'examen par les pairs n'a toutefois pas recommandé de point de référence biologique particulier ni de plage de référence biologique spécifique (c.-à-d. s'il faut fixer l'objectif de frai à partir du R_{RMS} médian ou par rapport à R_{GEN} et 80 % du R_{RMS}, ou encore

à partir d'une plage quelconque basée sur le rendement, par exemple, une probabilité de 90 % d'atteindre 70 % du RMS). La figure 2 présente les séries chronologiques observées du nombre total de reproducteurs par rapport à trois points de référence biologiques (R_{RMS}, R_{MAX}, R_{EQ}) pour la combinaison modèle-données recommandée.

Tableau 1. Points de référence biologiques pour le saumon coho de la rivière Taku. Les estimations présentées sont réalisées à partir du modèle de Ricker comprenant une correction de l'autocorrélation avec décalage d'une période (Ricker AR1) ajustées au nombre total de reproducteurs et au nombre total de recrues adultes observés selon les données du relevé réalisé à Canyon Island (Spn2Ad). Cette combinaison a été choisie par le processus d'examen régional par les pairs du SCCS comme étant la combinaison modèle-données la plus adéquate parmi les 18 possibilités. Toutes les valeurs ont été arrondies au millier de reproducteurs près. Les lignes énumèrent les 10e, 25e, 50e, 75e, et 90e centiles de la distribution de probabilités a posteriori. La figure 2 ci-dessous compare ces valeurs estimées aux valeurs observées de l'abondance des reproducteurs depuis 1990.

	R_{RMS}	R_{MAX}	R_{EQ}
10e centile	59 000	82 000	158 000
25e centile	63 000	93 000	168 000
50e centile (médiane)	**69 000**	**107 000**	**183 000**
85e centile	77 000	126 000	202 000
90e centile	89 000	154 000	226 000

Cette plage couvre 80 % de la distribution de probabilités a posteriori.

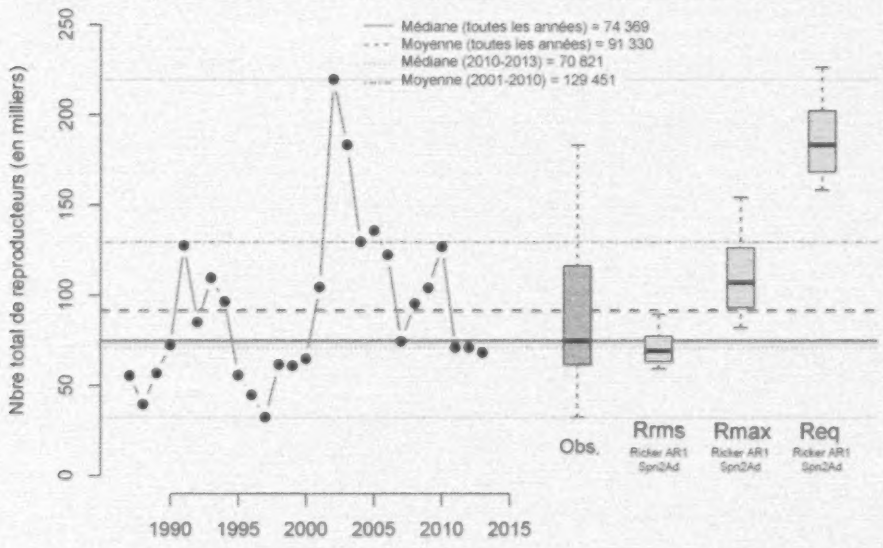


Figure 2. Profil observé de l'abondance des saumons coho reproducteurs dans la rivière Taku par rapport aux points de référence biologiques pour la combinaison modèle-données recommandée. Points de référence du modèle de Ricker comprenant une correction de l'autocorrélation avec décalage d'une période (Ricker AR1) ajustés au nombre total de reproducteurs et au nombre total de recrues adultes observés selon les données du relevé effectué à Canyon Island (Spn2Ad). Les diagrammes de quartile indiquent les 10e, 25e, 50e,75e et 90e centiles de la distribution de probabilités a posteriori. Le tableau 1 énumère les valeurs des points de référence.

En plus des points de référence biologiques au tableau 1, l'analyse présente également une succession de points de référence utilisés pour la gestion qui visent à saisir les considérations pertinentes de politique appliquées par le MPO et l'ADFG. Le tableau 2 énumère les définitions. Le tableau 3 résume la succession complète des analyses de sensibilité et les différentes définitions des points de référence présentées dans les colonnes et les autres hypothèses biologiques (c.-à-d. des combinaisons de modèles et de données) dans les lignes.

Certains points de références et plages de référence se sont révélés être plus sensibles que d'autres à différents formats de modèles et hypothèses sur les données, ce qui a une incidence sur l'interprétation des résultats. Il convient de remarquer également que le choix d'une méthode peut avoir un effet marqué dans certains cas précis. Par exemple, les estimations du R_{RMS} basées sur les données relatives aux juvéniles se révèlent être extrêmement sensibles à d'autres méthodes d'estimation et choix de la période temporelle.

Des analyses similaires réalisées récemment par le MPO et l'ADFG divergent quant à leur utilisation des corrections du biais du paramètre de productivité. L'inclusion de la correction du biais accroît les estimations du R_{RMS} médian et élargit la distribution a posteriori, ce qui, à son tour, a une incidence sur quelques-uns des points de référence récapitulatifs utilisés pour interpréter les données biologiques. La question de savoir quand appliquer cette correction du biais doit être formellement résolue. Ce détail technique fait peu de différence pour le saumon coho de la rivière Taku, mais cela n'est pas le cas cependant pour d'autres écosystèmes ou pour des mises à jour ultérieures des analyses concernant le saumon coho de la rivière Taku (p. ex. si les estimations de l'erreur-type devaient augmenter).

Les ajustements des modèles RR au moyen de la régression linéaire simple et des intervalles bootstrap constituent des contre-vérifications précieuses des estimations bayésiennes qui sont plus complexes et, par conséquent, plus sujettes à l'erreur. La prudence est toutefois recommandée lorsque l'on utilise des points de référence sur la base de la méthode bootstrap en raison des estimations potentiellement trop optimistes.

Tableau 2. Définitions des points de référence récapitulatifs pour le saumon coho de la rivière Taku. Les plages de référence visent à refléter les considérations présentées dans des analyses américaines et canadiennes récentes liées à d'autres stocks.

Références biologiques	Percentiles de la distribution
RRMS50	Médiane de la distribution a posteriori de R_{RMS}
PRI90	Abondance des reproducteurs avec une probabilité de 90 % de reconstituer le RRMS50 global en 1 génération en l'absence de pêche.
PRS90	90^{e} centile de la distribution de 80 % du RRMS50
ABR90	Plage de l'abondance de reproducteurs avec une probabilité de 90 % ou plus que le rendement disponible soit supérieur ou égal à 70 % du rendement à RRMS50.
X % de probabilité de Y % du RMS	Plage de l'abondance de reproducteurs avec une probabilité de X % ou plus que le rendement disponible soit supérieur ou égal à Y % du rendement à RRMS50.

Tableau 3. Points de référence récapitulatifs pour le saumon coho de la rivière Taku – autres modèles RR et autres ensembles de données. Les résultats proviennent de six ensembles distincts de données et de trois variations du modèle de Ricker (le modèle de Ricker élémentaire, le modèle de Ricker AR1 et le modèle de Ricker avec filtre de Kalman) totalisant 18 ensembles d'estimations de points de référence reposant sur l'utilisation de la méthode bayésienne de Monte Carlo par chaîne de Markov avec BRugs et OpenBugs. Tous les chiffres sont exprimés en milliers de reproducteurs. Les ensembles de données sont identifiés par les codes suivants : Spn pour le nombre total de reproducteurs; FemSpn pour le nombre de femelles reproductrices étendu au nombre total de reproducteurs selon un sex-ratio médian de longue durée de 40 %; Ad pour le nombre total des recrues adultes en utilisant la composition selon l'âge du relevé réalisé à Canyon Island; AltAd pour le nombre total de recrues adultes en utilisant la composition selon l'âge obtenue par la pêche commerciale et la pêche d'essai au Canada; Juv pour le nombre total de saumoneaux. Les cellules vides sous ABR90 indiquent que le profil de rendement ne dépasse jamais 90 %. Les cellules vides sous PRS90 sont liées à des millions de valeurs aberrantes puisque les probabilités a posteriori sont extrêmement dispersées. Les valeurs « Min » et « Max » dans chaque colonne excluent les lignes pour les ensembles de données liées aux juvéniles (Juv). La ligne ombragée indique la combinaison modèle-données recommandée par l'examen par les pairs parmi l'ensemble des possibilités explorées dans cette analyse. Les éléments clés de ce tableau sont les suivants : les renseignements biologiques saisis dans le modèle reproducteurs-recrues peuvent être résumés de diverses manières afin d'éclairer le processus décisionnel (c.-à-d. comparer les différentes colonnes d'une même ligne) et ces résumés peuvent être sensibles à différentes hypothèses biologiques (comparer les lignes d'une même colonne).

			PSS		ABR90		60 % de prob. de	
Ensemble de données	**Modèle RR**	**R_{RMS}** (médian)	**PRI90**	**PRS90**	**F**	**É**	**70 % RMS**	**90 % RMS**
Spn2Ad	De base	79	32	98	55	98	35-123	57-98
-	**AR1**	69	**23**	**71**	**51**	**82**	**30-110**	**51-84**
-	Kalman*	62	34	72	--	--	30-101	53-72
Spn2AltAd	De base	76	29	88	53	98	34-120	55-94
-	AR1	81	34	106	69	86	37-124	60-96
-	Kalman*	64	40	102	--	--	32-99	--
Spn2Juv	De base	292	S.O.***	--	--	--	118-329	--
-	AR1	119	S.O.***	231	71	165	53-228	87-166
-	Kalman**	96	S.O.***	111	61	157	42-191	70-139
FemSpn2Ad	De base	79	30	87	51	100	35-124	57-97
-	AR1	75	29	80	57	89	33-119	55-91
-	Kalman*	59	28	57	--	--	29-96	50-71
FemSpn2AltAd	De base	79	30	86	54	101	34-124	57-96
-	AR1	81	33	93	64	87	36-124	59-96
-	Kalman*	64	38	72	--	--	31-98	58-70
FemSpn2Juv	De base	237	S.O.***	--	124	185	99-349	175-242
-	AR1	124	S.O.***	199	72	178	55-242	91-178
-	Kalman**	100	S.O.***	114	68	156	44-193	74-139
Min (adulte)		59	23	57	51	82		
Max (adulte)		81	40	106	71	101		
% de diff. (adulte)		37 %	74 %	100 %	39 %	23 %		

* Année de référence 2009 ** Année de référence 2010 *** PRI90 non applicable aux saumoneaux (nécessiterait un calcul de saumoneau à adulte)

Sources d'incertitude

Les sources d'incertitude suivantes ont été décelées dans le cadre de cette évaluation.

- *Erreur d'observation :* les données disponibles pour l'ensemble des saumons coho de la rivière Taku sont de grande qualité comparativement à d'autres stocks de saumon coho ou unités de conservation (c.-à-d. que l'on dispose de plus de 20 ans de données de marquage et recapture et de micromarques magnétisées codées cohérentes), mais il peut demeurer des biais qui ont une incidence sur les estimations des points de référence. Le document de recherche qui appuie ces analyses comprendra les erreurs-types estimées pour chaque observation ainsi qu'un examen des répercussions de l'incertitude sur les points de données influents (p. ex. les années d'éclosion 2002 et 2003). Des analyses futures pourraient comprendre une exploration plus formelle de l'erreur d'observation en ajoutant une reconstitution bayésienne de la montaison.
- *Autres hypothèses sur les données :* l'analyse renferme six variations des données qui saisissent des hypothèses différentes concernant la composition selon l'âge adulte, les divers stades du cycle biologique (adulte opposé à saumoneau) et les niveaux efficaces de reproducteurs (nombre total de reproducteurs par rapport aux femelles reproductrices). Les résultats résistent aux variations au sein des données pour les adultes.
- *Autres formats du modèle :* l'analyse a pris en compte trois variations du modèle de Ricker. Tous trois partent du principe que la productivité décroît lorsque le nombre de reproducteurs est plus élevé. Ils divergent toutefois dans l'interprétation qu'ils offrent des profils de productivité observés. Les résultats résistent à ces variations du modèle. Une évaluation ultérieure pourrait envisager d'autres formats du modèle à des fins d'exhaustivité (p. ex. le modèle de Berverton-Holt qui ne comporte pas de diminution liée à la densité à des niveaux plus élevés de reproducteurs).
- *Autres méthodes d'estimation* : les estimations des points de référence ont été validées en recourant à diverses méthodes d'estimation et outils logiciels (p. ex. la comparaison réalisée en 2013 par Holt et Ogden avec les résultats provenant du progiciel de la PSS).
- *Interprétation de la politique et variations dans les détails techniques :* pour un ensemble donné de résultats (p. ex. une combinaison unique de modèles et de données et une seule méthode d'estimation), les estimations chiffrées étaient sensibles aux autres interprétations de la politique et détails techniques des calculs sommaires (p. ex. les profils de rendement, les points de référence sommaires). Des analyses ultérieures pourraient être rationalisées grâce des lignes directrices claires au sujet des détails méthodologiques.

CONCLUSIONS ET AVIS

Des données à l'échelle de l'ensemble des saumons coho de la rivière Taku sont disponibles et permettent d'estimer les points de référence biologiques d'après des modèles reproducteurs-recrues. Les 18 combinaisons de modèles et de données mises à l'essai constituent un examen exhaustif des sources d'incertitude et suffisent pour en conclure que les estimations des points de référence biologiques du saumon coho de la rivière Taku sont fortement robustes compte tenu des données actuellement disponibles. D'autres formats de modèles RR auraient pu être envisagés, tels que les modèles de Beverton-Holt ou la courbe logistique en « bâton de hockey », qui ne présument aucune diminution de la productivité liée à la densité pour des nombres de reproducteurs plus élevés, mais les trois variations du modèle de Ricker ont été jugées suffisantes. Les estimations basées sur le modèle de Ricker tendent à être plus

conservatrices que les estimations basées sur le modèle de Beverton-Holt lorsqu'elles sont ajustées avec des données comportant une erreur d'observation.

Les ajustements de modèles et les estimations du R_{RMS} pour le saumon coho de la rivière Taku sont notablement uniformes entre les trois différents formats de modèles et les quatre ensembles de données sur les adultes. Les valeurs médianes s'étendent de 59 000 à 81 000 reproducteurs, de sorte que la différence la plus importante entre deux estimations quelconques parmi les 12 possibilités de R_{RMS} est inférieure à 40 %. Les ajustements du modèle aux données sur les juvéniles sont plus mauvais que les ajustements réalisés à partir des données sur des adultes, et ils ont produit des estimations du R_{RMS} qui étaient sensiblement plus élevées et incertaines (c.-à-d. des distributions a posteriori plus dispersées).

Compte tenu de cet ensemble de considérations, un ensemble unique de résultats est recommandé pour les processus de planification ultérieurs visant à élaborer des objectifs de gestion pour le saumon coho de la rivière Taku :

1. Exclure les résultats sur les juvéniles (six des 18 combinaisons de modèles et de données) en raison de leurs ajustements uniformément plus mauvais fondés sur un critère statistique normalisé, et parce qu'ils supposent en outre un objectif différent (c.-à-d. maximiser l'abondance des saumoneaux, ce qui n'est pas la même chose que de maximiser les recrues adultes).
2. Exclure les résultats du modèle de Ricker avec filtre de Kalman (quatre des 12 combinaisons restantes de modèles et de données), car ils supposent la variation annuelle du R_{RMS} et parce que leur utilisation nécessiterait une prévision de la productivité à partir de la dernière année d'éclosion disponible. Les résultats du modèle avec filtre de Kelman pourraient être utiles pour s'intéresser au passé dans le cadre d'une évaluation de l'état, mais ils ne sont pas utiles pour appuyer la gestion sur un objectif qui change chaque année, comme c'est le cas pour le saumon coho de la rivière Taku.
3. Exclure les résultats fondés sur les femelles reproductrices étendues aux équivalents adultes (4 des 8 combinaisons de modèles et de données restantes). Comme c'est le cas pour les résultats du modèle avec filtre de Kalman, ces résultats peuvent être instructifs dans le cadre d'une évaluation de l'état, mais ne sont pas pratiques à des fins de gestion.
4. Exclure les résultats de l'autre série chronologique de recrues basée sur la composition selon l'âge dans les pêches commerciales et d'essai au Canada (deux des quatre combinaisons restantes), puisque les données de la composition par âge provenant du relevé effectué à Canyon Island sont jugées plus fiables (fenêtre temporelle plus longue, recourant le plus souvent à des échantillons de capture par tourniquet qui comportent une plus faible sélectivité en fonction de la taille).
5. Exclure les résultats du modèle de Ricker élémentaire (l'une des deux combinaisons restantes), puisque la forte autocorrélation observée dans le la courbe de résidus et les valeurs formelles du test de Durbin-Watson sur le modèle de Ricker AR1 sont plus adéquats.

Par conséquent, il est recommandé d'utiliser les résultats du modèle de Ricker AR1 ajustés aux estimations du nombre total de reproducteurs et de recrues adultes d'après la composition selon l'âge du relevé effectué à Canyon Island afin de fixer les objectifs de gestion pour le saumon coho de la rivière Taku (tableau 1 et tableau 3). Pour cette combinaison modèle-données, les points de référence biologiques (les 10^e et 90^e centiles de la distribution a posteriori, prenant en compte 80 % des échantillons du paramètre) basés sur les données pour les années d'éclosion 1987-2009 sont les suivants :

- le niveau de reproducteurs qui maximise le rendement soutenu (R_{RMS}) est estimé à 69 000 poissons (entre 59 000 et 89 000 poissons);
- le niveau de reproducteurs qui maximise les recrues adultes (R_{MAX}) est estimé à 107 000 poissons (entre 82 000 et 154 000 poissons);
- le niveau d'équilibre des reproducteurs en l'absence de pêche (R_{EQ}) est estimé à 183 000 poissons (entre 158 000 et 226 000 poissons).

Il convient de souligner que les motifs pour utiliser les résultats du modèle RR dans le cadre d'une évaluation de l'état peuvent différer (p. ex. on peut choisir de considérer la plage des estimations à travers divers formats de modèles).

Dans l'ensemble des 18 combinaisons de modèles et de données, les estimations du R_{RMS} sont significativement plus élevées que la plage de l'objectif de frai compris entre 27 500 et 35 000 reproducteurs utilisé en vertu du TSP jusqu'en 2012. Toutefois, l'objectif intérimaire récemment adopté de 70 000 reproducteurs établi par le Conseil transfrontalier pour 2014 se situe au milieu de la plage des estimations du R_{RMS} issues de quatre ensembles de données sur les adultes et trois modèles distincts (entre 59 000 et 81 000 reproducteurs) et est pour l'essentiel égal au R_{RMS} médian pour la combinaison de modèle-données recommandée (69 000 reproducteurs).

Le manque de contraste en ce qui concerne l'abondance des reproducteurs est un défi couramment rencontré lors de l'ajustement de modèles reproducteurs-recrues. Dans le cas du saumon coho de la rivière Taku, les années d'éclosion 2002 et 2003 influencent fortement la dispersion des observations dans les diagrammes de dispersion des reproducteurs-recrues et dans les ajustements du modèle qui en découlent. Des observations d'environ 200 000 reproducteurs supplémentaires augmenteraient fortement les renseignements disponibles pour estimer la capacité biologique de l'ensemble des saumons coho de la rivière Taku.

Les saumons coho de la rivière Taku sont actuellement définis comme une unité de conservation unique en vertu de la PSS du Canada (MPO 2005). L'intégration de l'état des unités de conservation a été évaluée au moyen d'un ensemble de paramètres normalisés. Pour la combinaison modèle-données rcommandée, les estimations des points de référence (PR) du paramètre d'*abondance relative* de l'ensemble des saumons coho de la rivière Taku sont les suivants (les valeurs numériques désignent des reproducteurs) :

- PR supérieur (PRS90) : 71 000 reproducteurs (90 % de probabilité d'atteindre ou dépasser 80 % du R_{RMS});
- PR inférieur (PRI90) : 23 000 reproducteurs (90 % de probabilité de reconstitution du R_{RMS} en une génération en l'absence de pêche).

Le tableau 3 énumère les estimations correspondantes pour les autres combinaisons de modèle et de données.

Les données disponibles permettent d'évaluer d'autres paramètres formels de la PSS (c.-à-d. l'étendue du déclin, la tendance à court terme, la probabilité de déclin). Toutefois, une partie des renseignements supplémentaires utilisés dans les évaluations récentes sur l'état de la PSS n'est pas disponible à l'heure actuelle en ce qui concerne le saumon coho de la rivière Taku (p. ex. la contribution relative changeante des sous-populations). Si des études ultérieures indiquent l'existence de plus d'une unité de conservation pour l'ensemble des stocks de saumon coho de la rivière Taku, l'évaluation de l'état de la PSS axée sur le modèle RR pourrait être impossible et d'autres approches devraient être alors envisagées.

SOURCES DE RENSEIGNEMENTS

Le présent avis scientifique découle de la réunion des 3 et 4 novembre 2014 sur l'Élaboration d'un objectif en matière d'échappées fondé sur des données biologiques saumon coho de la rivière Taku. Toute autre publication découlant de cette réunion sera publiée, lorsqu'elle sera disponible, sur le Calendrier des avis scientifiques du MPO.

Holt, C.A., and Ogden, A. 2013. Software for assessing status of Conservation Units under Canada's Wild Salmon Policy: Instructional manual. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 3058. v + 43 p. (Consulté le 9 janvier 2015).

Holtby, L.B., and Ciruna, K.A. 2007. Conservation Units for Pacific Salmon under the Wild Salmon Policy. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2007/070. viii + 350. (Consulté le 9 janvier 2015).

MPO (Pêches et Océans Canada). 2005. La politique du Canada pour la conservation du saumon sauvage du Pacifique. Pêches et Océans Canada, Vancouver (Colombie-Britannique). p. 34. (Consulté le 9 janvier 2015).

MPO (Pêches et Océans Canada). 2014. Integrated Fisheries Management Plan for Transboundary Rivers Salmon 2014.

CE RAPPORT EST DISPONIBLE AUPRÈS DU :

Centre des avis scientifiques (CAS)
Région du Pacifique
Pêches et Océans Canada
3190, chemin Hammond Bay
Nanaimo (Colombie-Britannique) V9T 6N7

Téléphone : 250-756-7208
Courriel : csap@dfo-mpo.gc.ca
Adresse Internet : www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/

ISSN 1919-5117
© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, 2015

La présente publication doit être citée comme suit :

MPO. 2015. Estimations d'un objectif de frai fondé sur des données biologiques et points de référence biologiques pour l'ensemble des stocks de saumon coho d'origine canadienne de la rivière Taku. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2015/008.

Also available in English:

DFO. 2015. Estimates of a biologically-based spawning goal and biological benchmarks for the Canadian-origin Taku River Coho stock aggregate. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Sci. Advis. Rep. 2015/008.